

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta Strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Provozní nasazení prostředků technické diagnostiky
Operational Deployment of Technical Diagnostics Resources

Student:	Ladislav Chalánek
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.

Ostrava 2017

Zadání bakalářské práce

Student: **Ladislav Chalánek**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R023 Technická diagnostika, opravy a udržování
Téma: **Provozní nasazení prostředků technické diagnostiky**
Operational Deployment of Technical Diagnostics Resources
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Na základě požadavků a podkladů zadavatele zpracujte rozbor a hodnocení současného stavu možnosti dalšího nasazení prostředků technické diagnostiky v provozu výrobních strojů při výrobě optických přístrojů s cílem zvýšení přesnosti výroby a spolehlivosti strojů.

V rámci zadání zpracujte:

1. Analýzu a řešení k problematice provozu výrobních strojů v procesu výroby optických přístrojů.
2. Posouzení současného stavu v oblasti nasazení prostředků technické diagnostiky v provozu zadavatele, včetně výběru vhodných diagnostických metod pro sledování provozních stavů vybrané množiny strojů.
3. Provedení navržených měření a jejich vyhodnocení dle zásad technické diagnostiky.
4. Doporučení pro následný provoz sledovaných strojních zařízení, návrh pravidel údržby, mazání a péče o provozní kapalinu v souladu s platnými zásadami technické diagnostiky s ohledem na specifika daného provozu

Další pokyny a informace poskytne konzultant bakalářské práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

- MAREK, J. a O. UČEŇ. *CNC obráběcí stroje*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2010. 103 s. ISBN 978-80-248-2329-4.
- HELEBRANT, F. *Technická diagnostika a spolehlivost. IV., Provoz a údržba strojů*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. 127 s. ISBN 978-80-248-1690-6.
- BLATA, J. aj. JURASZEK. *Metody technické diagnostiky: teorie a praxe = Metody diagnostyki technicznej: teorie a praktyka*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2013. 130, 135 s. ISBN 978-80-248-2997-5
- SZCZEREK, M. a M. WISNIEWSKI. *Tribologie, Tribotechnika*. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji Radom, 2000. 727 s. ISBN 83-7204-199-7
- HELEBRANT, F., ZIEGLER, J. a D. MARASOVÁ. *Technická diagnostika a spolehlivost I - Tribodiagnostika*. 1. vydání, Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2001, 158 s. ISBN 80-7078-883-6

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 15.5 2017


.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠBTUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠBTUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15.5.2017


.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Ladislav Chalánek

Adresa trvalého pobytu autora práce: Troubky 751 02, U Dvora 722/6

Anotace bakalářské práce

CHALÁNEK, L *Provozní nasazení prostředků technické diagnostiky: Bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2017, 41 s. Vedoucí práce: HRABEC, L

Bakalářská práce se zabývá problematikou rozboru hydraulického oleje u CNC obráběcích strojů ve firmě Meopta – optika s.r.o. V první polovině práce jsou uvedeny základní informace o firmě Meopta a základní fakta o CNC strojích včetně popisu vybraných strojů, u kterých byly prováděny odběry a měření. Ve druhé části se nachází zhodnocení aktuálního provozního nasazení technické diagnostiky, popis prováděných zkoušek firmou Meopta a zkoušek v laboratoři VŠB-TU Ostrava dle norem pro měření tekutých maziv. V závěrečné kapitole je uvedeno doporučení a změny pro budoucí provoz a měření hydraulického oleje. V přílohách jsou uvedeny kompletní výsledky měření.

Klíčová slova: tribodiagnostika, CNC obráběcí stroje, hydraulický olej

Annotation of masters thesis

CHALÁNEK, L *Operational Deployment of Technical Diagnostics Resources: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2017, 41 p. Vedoucí práce: HRABEC, L

My bachelor thesis deals with the problems of hydraulic oil analysis in CNC machine tools in Meopta - optika s.r.o. Firstly I would like to focus on basic information about Meopta and basic facts about CNC machines including the description of selected machines for which sampling and measurement were performed. Secondly, I would like to focus on the evaluation of the current operational use of the technical diagnostics, a description of the tests performed by Meopta and tests in the laboratory of VŠB-TU, according to the standards for measuring liquid lubricants. And in the final chapter, I would like to provide recommendations and changes for future operation and measurement of hydraulic oil. The complete measurement protocols are listed in the annexes.

Key words: tribodiagnosics, CNC machine tools, hydraulic oil

Obsah

Seznam použitých veličin	8
Úvod.....	9
1. Meopta-optika s.r.o	10
1.1 Historie	10
1.2 Dnešní tvář firmy	11
2. CNC obráběcí stroje.....	13
2.1 Rozdělení CNC obráběcích strojů.....	13
2.2 CNC soustruh	14
2.2.1 Hyundai WIA 210 LMA.....	15
2.2.2 Hyundai HIT 18	16
2.3 CNC frézka.....	17
2.3.1 Hyundai KIA VX 500.....	18
3. Provozní nasazení tribodiagnostiky ve firmě Meopta-optika	20
3.1 Zhodnocení aktuálního provozního nasazení tribodiagnostiky.....	20
3.2 Hydraulický olej Shell TELLUS S2 M 32	21
3.3 Měření kinematické viskozity	21
3.3.1 Měření kinematické viskozity ve firmě Meopta	22
3.3.2 Měření kinematické viskozity dle normy ČSN EN ISO 3104.....	24
3.4 Měření obsahu vody	25
3.4.1 Měření obsahu vody ve firmě Meopta	26
3.4.2 Měření obsahu vody coulometricky dle ČSN ISO EN 12937	27
3.5 Nečistoty v oleji	28
3.6 Měření množství nečistot a určení kódu čistoty ve firmě Meopta	28
3.7 Měření množství nečistot a určení kódu čistoty.....	30
3.8 Výsledky měření u vybraných strojů	31
4. Doporučení pro budoucí provoz	33
5. Závěr	36
Seznam zdrojů.....	37
Seznam obrázků	39
Seznam tabulek	40
Seznam příloh	41

Seznam použitých veličin

Bod tekutosti	[°C]
Kinematická viskozita	[mm ² .s ⁻¹]
Celkové číslo kyselosti	[mgKOH.g ⁻¹]
Obsah vody v mazivu	[hm. %]
Mechanické nečistoty	[mg.100 cm ⁻³]
PPM (parts per milion)	[mg.kg ⁻¹]
Rychloposuv suportu stroje	[m.min ⁻¹]

Úvod

Technická diagnostika je nástroj pro zjišťování technického stavu strojů a strojních zařízení, pomocí ní lokalizujeme vznikající problémy a předcházíme tak poruchám, které mají za následek odstávku strojů, která sebou nese vznikající finanční škodu daného podniku. Technickou diagnostiku můžeme rozdělit na technickou bezdemontážní diagnostiku a technickou nedestruktivní diagnostiku (defektoskopii). Z pohledu bezdemontážní diagnostiky se bavíme o provozní technické diagnostice, kam patří tribodiagnostika, vibrodiagnostika, termodiagnostika, akustická diagnostika a další metody. Do nedestruktivních zkoušek můžeme zařadit vizuální kontrolu, kapilární metodu, magnetickou práškovou metodu, radiografickou metodu, měření ultrazvukem a infračervenou defektoskopii.

Tribodiagnostika CNC obráběcích strojů je základní nástroj pro zjištění technického stavu stroje, kdy potřebné informace získáváme z maziva. U CNC obráběcích strojů s centrálním hydraulickým mazáním a používaným doporučeným olejem, pravidelnými kontrolami tribodiagnostikem se minimalizuje riziko náhlé poruchy. Mezi základní tribodiagnostické zkoušky, se kterými se můžeme setkat ve spoustě firem patří měření kinematické viskozity, obsahu vody a nečistot. Ve specializovaných tribodiagnostických laboratořích se provádí dále i měření kyselosti oleje, měření bodu vzplanutí. Důležitou součástí laboratoře je částicová a prvková analýza, jako například atomová spektrofotometrie nebo polarografie.

Hlavním cílem této bakalářské práce je provést zhodnocení stávající situace v problematice nasazení tribodiagnostiky ve firmě Meopta optika s.r.o. a navržení případných změn pro budoucí provoz. V práci bude uvedené porovnání měřících metod ve výrobním procesu firmy a ve specializované tribodiagnostické laboratoři VŠB-TU Ostrava. Podle výsledků naměřených hodnot bude provedeno vyhodnocení výsledků a doporučení pro nápravu případných problémů.

1. Meopta-optika s.r.o

1.1 Historie

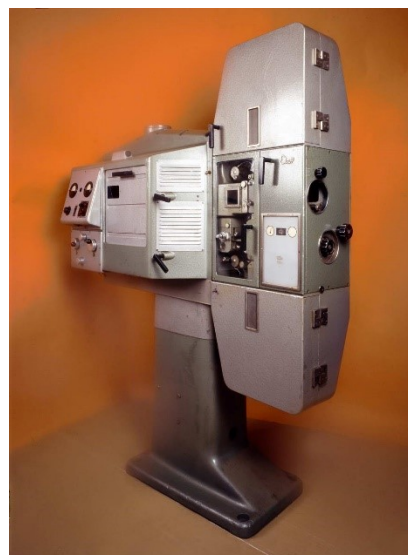
Firma byla založena roku 1933 a to pod názvem **OPTIKOTECHNA**. Založení inicioval doc. Alois Mazurka, který učil na Přerovské průmyslové škole. Investici do stavby Optikotechny vložil přerovský stavitel Ing. Alois Beneš.

V roce 1933 doc. Mazurek vytvořil zvětšovací objektiv Benar, který byl první v Československu, a tím určil další zaměření firmy. Do té doby firma vyráběla jen optické komponenty, zvětšovací skla apod. Mezi roky 1934 až 1935 firma zakoupila od pana Kalusche licenci na výrobu zvětšovací přístrojů. Následně se výroba rozšířila i na výrobu fotoaparátů a profesionálních projektorů. V roce 1935 firmu koupila Zbrojovka Brno a po výrazných investicích z její strany se firma začala zabývat vojenskou optikou. Po druhé světové válce roku 1945 byla firma znárodněna a přejmenována na dnešní název **MEOPTA**. V dalších desetiletích Meopta pokračovala ve výrobě zvětšovacích přístrojů (Axomat), fotoaparátů (Flexaret), snímacích kamer (Admira), profesionálních kino projektorů (Meopton) a dalšího zboží (refraktometry, puškohledy, teodolity). V 70-80 letech 20. století byla firma téměř ze 75 % orientovaná na vojenskou výrobu, což se firmě stalo osudným po rozpadu Varšavské smlouvy, kdy byla vojenská výroba ukončena a Meopta přišla o 80 % příjmů. Nicméně poté, co se firma dostala do rukou pana Paula Rausnitze, který do firmy zásadně investoval, přežila Meopta kritickou část své historie a dnes patří ke špičce svého oboru. [1]

Mezi příklady významných, avšak dnes již historických výrobků můžeme uvést fotoaparát FLEXARET viz.(obr.1), kamery ADMIRA a projektory 35 mm s názvem ETA 7 viz. (obr.2).



Obr. 1 Flexaret [9]



Obr.2 ETA 7 [11]

1.2 Dnešní tvář firmy

Firma je nadnárodní společností zabývající se výzkumem, vývojem, konstrukční činností optických i mechanických součástí a jejich následnou montáží. V dnešní době můžeme říct, že Meopta je specialistou na optické produkty pro průmyslový, vojenský a obecný spotřební trh. Firma má hlavní výrobu a sídlo v České republice a druhotné sídlo je ve Spojených státech amerických. Díky vysoké úrovni v oblasti vývoje, konstrukce, výroby a přesného měření s optickými elementy se firma prosazuje v mnoha odvětvích, příkladem mohou být přesné zdravotnické či vědecké přístroje, digitální filmová projekce, průzkum vesmíru, spotřební sportovní optika a vojenské zbraňové systémy. [2]



Obr.3 Logo firmy Meopta-optika s.r.o [10]

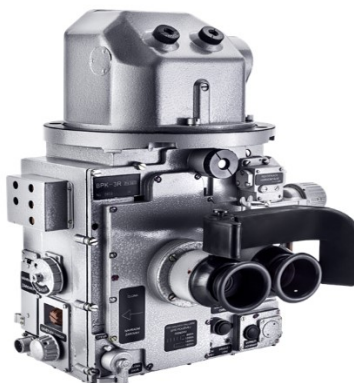
Do skupiny výrobků určených pro myslivost lze zařadit samozřejmě binokuláry, puškohledy, spektivy a další.

Binokulár MeoRange viz. (obr.4) je významný pro své vlastnosti, díky jimž dokáže měřit vzdálenost na 1500 metrů, má zabudovaný kompas, úhel náklonu a teploměr.



Obr.4 Dalekohled MeoRange [12]

Mezi vojenské výrobky firmy stojí za zmínku periskopy s kombinovaným denním a nočním viděním pro obrněné transportéry, tanky či jiná bojová vozidla viz. (obr.5).



Obr.5 Periskop BPK-3 [8]

2. CNC obráběcí stroje

Číslicově řízený stroj, který se globálně nazývají CNC (Computer Numerical Control), je zjednodušeně plně automatizované zařízení. Činnost stroje obstarává číslicový počítač, který řídí pohyb nástroje nebo obrobku programátorem zvolenou rychlostí po dané trajektorii v rovině nebo prostoru. V rámci obráběcích strojů se bavíme o řízení procesu obrábění i doplňkových funkcí, a to na základě číselných údajů a příkazů v programovatelném systému stroje. Informace potřebné ke správnému obrobení dané součásti jsou tedy: [4]

- údaje o rozměrech součásti
- informace určující různé funkce, příkazy (posuv, otáčky...);
- doplňkové informace (zapínání chladicí kapaliny...).

Z toho vyplývá, že číslicově řízený stroj je tedy obráběcí stroj, který je numericky řízen a konstrukčně disponován tak, aby pracoval v automatickém režimu a měl automatickou výměnu nástrojů bez potřeby lidské činnosti, což výrazně ovlivňuje rychlost výroby součástí a zvyšuje to výrobní kapacitu podniku. Zavedením číslicově řízených strojů také došlo k výraznému progresu přesnosti obrábění a v dnešní době je možné na CNC stroji vyrobit značně složitější součásti, než tomu bylo v letech dřívějších při manuálním ovládání stroje člověkem. Také došlo k výrazné eliminaci lidského faktoru a tím k poklesu procenta zmetkovitosti ve výrobě. [4]

2.1 Rozdělení CNC obráběcích strojů

CNC obráběcí stroje rozdělujeme podle druhu použití do šesti skupin, a to jako stroje pro:

- frézování;
- soustružení;
- vrtání, zahlubování, vyhrubování, závitování;
- vyvrtávání;
- broušení;
- výroba ozubení (např. odvalováním).

Pokud může stroj navíc provádět různé druhy operací a má automatickou výměnu nástrojů a obrobků, pak mluvíme o **obráběcím centru**. Obráběcí centrum je takový číslicově řízený stroj, který: [4]

- může provádět různé druhy operací;
- jeho pracovní režim je v automatickém cyklu;
- umožňuje automatickou výměnu nástrojů a obrobků;
- může pracovat v bezobslužném provozu;
- má ve svém systému implementované prvky diagnostiky a měření.

2.2 CNC soustruh

Soustružnické stroje v současnosti patří do nejrozsáhlejší skupiny obráběcích strojů určených k obrábění součástí rotačního tvaru. Hlavní řezný pohyb u soustružení vykonává rotující obrobek, který je nejčastěji upnutý ve sklíčidle. Nejčastěji používaným nástrojem při odebírání materiálu soustružením je tzv. soustružnický nůž, který je jednobřitý a materiál břitu je buďto rychlořezná ocel anebo v dnešní době převážně používané břitové destičky v podobě slinutých karbidů. [4]

Rozsah práce, kterou můžeme na těchto strojích provádět je velmi rozmanitý. Jedná se převážně o:

- obrábění vnitřních i vnějších rotačních, kuželových i obecných ploch;
- obrábění čelních rovinných ploch;
- řezání závitů, vrtání, vyvrtávání, vystružování;
- brousit vnější a vnitřní válcové plochy;
- kopírování podélné i příčné atd.

Vzhledem k tomu, kolik druhů obráběcích metod je možno provádět, tak je zřejmé, že všechny operace tedy nejde uskutečnit na jednom druhu CNC soustruhu, proto se stroje dělí do těchto kategorií. [4]

- stroje s vodorovnou osou (produkční soustruhy, obráběcí centra)
- stroje se svislou osou (karusely, obráběcí centra, inverzní karusely)
- univerzální stroje (s vodorovnou i svislou osou)
- multifunkční stroje (s vodorovnou i svislou osou)
- speciální stroje

U všech těchto typů strojů je důležitá základní konstrukční část, a to jsou **lože**. Lože jsou primární nosnou částí stroje a z toho vyplývá, že musí zajišťovat vysokou tuhost celé soustavy. Abychom dosáhli co nejvyšší tuhosti tvaru, je výhodné komponovat tento konstrukční prvek do betonového základu a použít správné dimenzované základové šrouby. Pro docílení vysoké tuhosti v kroucení a ohybu se dosáhne vhodným profilem lože nejlépe s uzavřenými a vyztuženými žebry. Jedním z požadavků na konstrukci je jednoduchá a levná výroba. Dalším požadavkem je nízká hmotnost, nicméně tenhle požadavek je ovlivněn tím, že snížená hmotnost nesmí ovlivnit statickou a dynamickou tuhost. Dalším důležitým aspektem je hromadění horkých třísek. Třísky by se neměly hromadit ve velkém množství, protože to způsobuje teplotní dilatace, což ovlivňuje přesnost. Aby nedošlo k poruše vodících ploch a pohonných mechanismů vlivem padání třísek, je nutné krytování těchto prvků. Napadané třísky by mohly způsobit poruchy, poškození či brzké opotřebení. [4]

2.2.1 Hyundai WIA 210 LMA

Mezi první stroje, které jsem zařadil do mého sledování patří Hyundai WIA viz. (obr.6). Jedná se o CNC soustruh s rokem výroby 2011. Stroj se řadí mezi soustružnická centra s vysoce pevným jednodílným ložem obzvláště vhodné pro těžké obrábění. Všechny osy jsou osazeny kuličkovými šrouby velkých průměrů, speciálně kotvenými na obou koncích pro dosažení vysoké tuhosti a minimální teplotní distorze. Stroj je v permanentním 24hodinovém výrobním procesu. Při výrobním procesu se zde vyrábí malé rotační a tvarové součásti, které dále firma komponuje do dalších sestav.



Obr. 6 Hyundai – Kia WIA 210 L



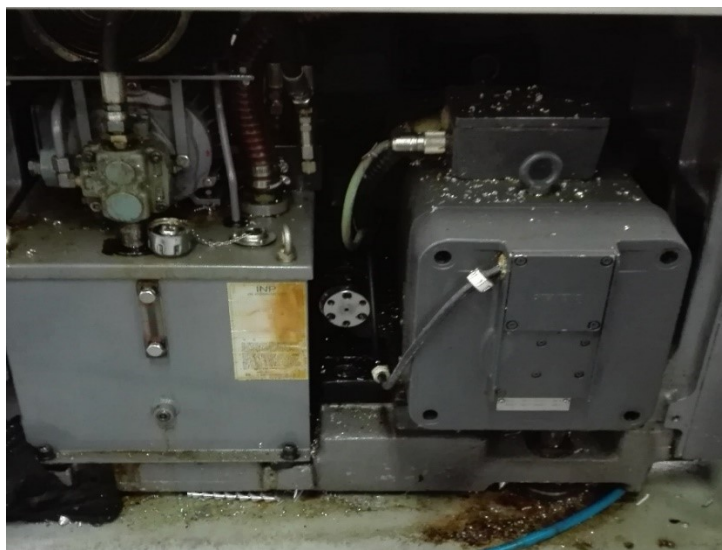
Obr.7 Odběrové místo maziva stroje Hyundai-Kia Wia 210 LMA

2.2.2 Hyundai HIT 18

Hyundai HIT 18 viz. (obr.8) s rokem výroby 2001 je nejstarší stroj v mém výběru CNC soustruhů, který slouží k obrábění malých strojních součástí. Tento stroj jako jediný není využíván v nepřetržitém provozu, což mi trochu komplikovalo odběr potřebného vzorku. Odběr vzorků z tohoto stroje i ze strojů ostatních byl v celku bezproblémový, protože odběrové místo bylo dobře dostupné viz. (obr.9).



Obr.8 CNC soustruh Hyundai Hit 18



Obr. 9 Odběrové místo maziva stroje Hyundai Hit 18

2.3 CNC frézka

Frézovací stroje spolu se soustruhy patří mezi nejpoužívanější stroje a samotná CNC frézka se řadí do skupiny nejvýkonnější obráběcích strojů. Frézky jsou určeny pro obrábění rovinných ploch, nicméně se můžeme setkat i s obráběním rovných či zakřivených drážek, zubů, ozubených kol anebo závitů.

Pro obrábění materiálu používáme vícebřitý nástroj, který se jmenuje fréza. Materiály zubů frézy bývají převážně slinuté karbidy. [4]

Princip obrábění je založen na postupném vnikání jednotlivých zubů rotujícího nástroje do obrobku, který je upnut na pracovním stole frézky, a to nejčastěji do svěráku. Podle polohy nástroje vůči obrobku rozdělujeme frézování na obvodové a čelní, následně pak frézování protisměrné a souměrné. [4]

Frézovací stroje se dělí do tří základních skupin a to:

- konzolové (svislá osa vřetene, vodorovná osa vřetene, univerzální)
- stolové ložové (svislá osa vřetene, vodorovná osa vřetene, univerzální)
- portálové (spodní gántry, horní gántry, s pohyblivým stolem)

Nutno zdůraznit, že v dnešní době, kdy je celosvětový trend pro co nejrychlejší, flexibilní a přesnou výrobu, se do popředí dostávají frézovací obráběcí centra, která díky své takřka plné automatizaci v podobě samostatné výměny nástrojů, obrobků snižuje výrobní časy a prostoje při provádění rutinních prací operátora. Navíc tyto frézovací centra mohou provádět různé druhy technologických operací a mají možnost víceosého vysokorychlostního obrábění. Hlavní výhodou je, že jsme schopni obrobit obrobek prakticky na jedno upnutí. [4]

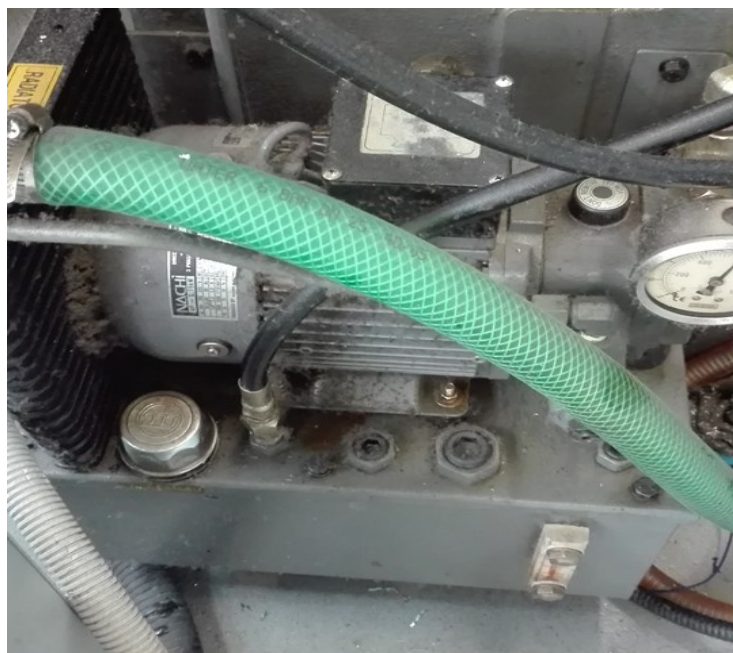
2.3.1 Hyundai KIA VX 500

Stroj Hyundai KIA VX 500 je tříosá CNC frézka s rokem výroby 2006 viz. (obr. 10). Tato CNC frézka se řadí do skupiny strojů pro střední a těžší obrábění. Model VX 500 má zlepšené vlastnosti, které zlepšují produktivitu práce. Jedna z vlastností je zkrácení doby zvané not-cutting, což je zkrácení času mezi přejezdy frézovací hlavy během změny souřadnic v pracovních osách X a Y. Rychloposuv mezi osy činí $36 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Pracovní rozsah os je X 1060 mm, Y 510 mm a osa Z činí 635 mm. Optimalizace celé konstrukce přinesla zvýšení tuhosti, a to přispívá ke snížení vibrací při obrábění. Samozřejmostí je také zásobník na nástroje, které se během práce stroje automaticky vyměňují. [3]

Vznikající tříska je odváděna vodním chlazením a dále pak šnekovým dopravníkem. Stroj má automatické čištění chladicí kapaliny od mechanických nečistot, a to přispívá k celé komptabilitě stroje. [3]



Obr.10 CNC frézka Hyundai Kia VX 500



Obr.11 Odběrové místo maziva stroje Hyundai Kia VX 500

3. Provozní nasazení tribodiagnostiky ve firmě Meopta-optika

3.1 Zhodnocení aktuálního provozní nasazení tribodiagnostiky

Tribodiagnostickým měřením a následným vyhodnocováním maziva se Meopta-optika zabývá od roku 2013. Měření se provádí u 120 strojů kam patří převážně CNC obráběcí stroje a brusky pro přesné broušení. V dřívějších letech byly tyto rozборы prováděny v rámci outsourcingu, a to na vybraných strojích. Pro zlepšení péče o své stroje firma zakoupila sadu pro měření a vyhodnocování maziva. V době, kdy firma uvažovala o zavedení diagnostiky olejů se potýkala s problémem nezkušenosti s touto problematikou, a tak na doporučení externí osoby byl vybrán produkt, který firma zakoupila. Jedná se o sadu měřících zařízení pro dílenské měření. Sada obsahuje viskozimetr, přípravek pro zjištění přítomnosti vody, mikroskop, pomůcky pro měření mechanických nečistot a doplňkové měřicí pomůcky. Je nutno zdůraznit, že vybavení, průběh zkoušky a následné vyhodnocování výsledků neodpovídá normám pro měření tekutých maziv, a tak výsledky zkoušek není možno považovat za relevantní, nicméně nám mohou sloužit k představě o aktuálním stavu maziva a upozornit na aktuální problém či predikovat blížící se problém, a to výraznějším nárůstem či snížením hodnoty výsledku měření od referenční hodnoty.

Z pohledu tribodiagnostiky se zde tedy provádí tři typy měření. První je zkouška viskozity, dále pak přítomnost vody v mazivu a obsah mechanických nečistot. Veškerou metodiku práce zastává jediný člověk a pravidelná kontrola jednoho stroje je prováděna v intervalu 6 měsíců. Všechny stroje jsou zavedeny do informačního systému firmy, který po uplynutí doby zadané do systému, vydá příkaz pro provedení zkoušky u daného stroje. Protokol o měření firmy Meopta viz. přílohy.

Chyba, která zde podle mého názoru vznikla je ta, že externí firma, která dodala měřicí sadu sice provedla rutinní seznámení s měřicí technikou, nicméně nedošlo k základnímu vysvětlení důležitosti tribodiagnostických zásad pro správný odběr vzorků, dále metodika průběhu zkoušek, a rezervu bych viděl i v doplňkových měřících pomůckách. Tohle všechno bych vytýkal tomu, že firma Meopta neměla zkušenosti s touto problematikou, a proto mělo dojít od externí firmy nejen k představení pomůcek, ale i k celkovému proškolení pracovníka na základy tribodiagnostiky.

3.2 Hydraulický olej Shell TELLUS S2 M 32

Shell TELLUS S2 M 32 je hydraulický olej, který má široké využití v řadě hydraulických zařízení. Specifikace viz.(tab.1). Velmi vhodné jsou například pro zařízení, kde je vyžadována pracovní kapalina se zvýšenou schopností odolností proti opotřebení nebo schopností přenášet vysoké tlaky. Olej se vyznačuje dobrou termickou odolností i za vysokých provozních teplot a zároveň jsou velice odolné proti opotřebení a tvorbě usazenin. Vzhledem k dobré chemické stabilitě těchto olejů se při vzniklé interakci vody či vlhkosti snižuje riziko koroze či rzi. Vzhledem k vybraným protioděrovým přísadám dochází k minimalizaci mechanického opotřebení pohyblivých částic jako jsou písty a čerpadla, a tím k prodloužení životnosti. Tyto oleje je také možné použít pro mazání valivých i kluzných ložisek a některých ozubených převodů, vždy s doporučením daného výrobce. [5]

Technický list viz. přílohy.

Tab. 1 Specifikace oleje Shell TELLUS S2 M 32

ISO viskózní třída	32
Bod vzplanutí [°C]	218
Bod tuhnutí [°C]	-30
Kinematická viskozita při 40°C [mm ² .s ⁻¹]	32
Kinematická viskozita při 100 °C [mm ² .s ⁻¹]	5,4

3.3 Měření kinematické viskozity

Kinematická viskozita, která je charakterizována jako vnitřní tření kapaliny, je hlavním zkušebním údajem při rozbořech tekutých maziv. Plní funkci kvalitativního ukazatele olejů a slouží pro třídění do tzv. viskozitních tříd. Při pracovním vytížení maziva se setkáváme se změnami viskozity. Můžeme se tedy setkat s nárůstem viskozity nebo s jejím poklesem.

Zvyšování viskozity je nejčastěji způsobeno:

- nárůstem mechanických nečistot v mazivu
- záměnou původního maziva jiným tekutým mazivem s vyšší třídou viskozity
- kontaminací řeznou kapalinou či jiným druhem pracovní kapaliny a následně vytvořenou emulzí při vzájemné interakci
- výrazné snížení poklesem pracovní teploty

V olejích s vysokou viskozitou dochází ke zvýšení koeficientu tření, a to vede ke ztrátě energie. Vzniká silná třecí vrstva mezi třecími prvky. [6]

Na snižování viskozity naopak mají vliv tyto aspekty:

- tepelná a mechanická degradace aditiv
- záměna oleje s nižší viskozitní třídou
- u motorových olejů vniknutí paliva do mazacího systému
- výrazné zvýšení pracovní teploty

Při nízké viskozitě dochází k meznímu až suchému tření, což vede k nadměrnému opotřebení, v extrémních případech dojde k zadření třecích ploch. [6]

3.3.1 Měření kinematické viskozity ve firmě Meopta

Měřicí přístroj na zjištění hodnoty kinematické viskozity pracuje na jednoduchém principu porovnávání zkoušeného maziva s referenční kapalinou viz. (obr.12). Jedná se o dílenské měřicí zařízení, jehož výhodou je snadná manipulace a možnost použití kdekoli v provozu. Nevýhodou je jistě malá přesnost měření, nicméně pro základní zjištění stavu oleje je to dostačující.

Přístroj se skládá ze dvou oddělených komor se stupnicí, ve kterých jsou pohyblivé kuličky. Stupnice jsou označeny písmeny A a B. Stupnice A je komora s referenční kapalinou. Námi naměřená hodnota se poté zjistí na stupnici po provedení zkoušky. Tato zkouška má simulovat měření viskozity při 40° C.

Základem pro správné použití je dodržování správného postupu pro měření, který zní:

- Před samotným měřením protřepat zkoušený vzorek v minimálním intervalu 5 minut, což nám zajistí dokonalé promíchání oleje.
- Uchopíme viskozimetr a nabereme malé množství maziva, poté vytlačíme pryč z měřidla. Tento úkon opakujeme 3krát, a to proto, abychom dostali z měřidla zbytky oleje z předchozího měření.
- V dalším kroku natáhneme vzorek do plnicí komory. Komora musí být zaplněna celá. Poté necháme měřidlo naplněné olejem minimálně 5 minut odstát z důvodu vyrovnaní teplot oleje a referenčního vzorku.
- Pro samotné měření musíme nechat sjet kuličky na pravou stranu měřidla, kde je nulová stupnice. Poté měřidlo vyrovnáme a nakloníme o 40° . Jakmile se ocitne kulička v komoře s referenční hodnotou na druhé straně měřidla, vyrovnáme měřidlo do vodorovné polohy a na stupnici komory vzorku, kde se zastavila druhá kulička, vidíme hodnotu naměřené viskozity.
- Pro odstranění případné chyby opakujeme měření 5krát.



Obr.12 Viskozimetr Visgage

3.3.2 Měření kinematické viskozity dle normy ČSN EN ISO 3104

Tato norma nám udává postup při měření kinematické viskozity při 40°C. Jedná se o velmi přesnou zkoušku, nicméně poměrně časově náročnou. Princip zkoušky je založen na průtoku vzorku oleje mezi dvěma ryskami v kapiláře, která je umístěna v permanentně temperované vodní lázni viz.(obr.13). Časová náročnost zkoušky vyplývá z nutnosti prohřátí oleje ve vodní lázni. U této zkoušky je možné použití prakticky všech druhů tekutých maziv s různorodou viskozitní třídou. Nutností je výběr správné kapiláry viz. (obr.14) pro průchod maziva. V našem případě se jedná o Ubbelohdeho kapiláru. Kapilára se vybírá podle viskozitní třídy oleje. Každá kapilára má na svém těle vyrytý koeficient pro výpočet.

Průběh zkoušky začíná u správně zhomogenizovaného vzorku, který se stříkačkou nanese do kapiláry a nechá se 30 minut temperovat na požadovanou teplotu, v našem případě 40°C. Je možné provádět i měření kinematické viskozity při 100°C. Jakmile je vzorek připraven, dojde vyvozením podtlaku k natažení oleje do horní části kapiláry, a vlivem vlastní tíhy olej stéká zpět dolů po stěně oválu. Na této stěně jsou dvě rysky. Jakmile projde mazivo první ryskou, začínáme měřit čas do doby, než dosáhne druhé rysky. Následný čas v sekundách vynásobíme koeficientem kapiláry a máme výslednou hodnotu viskozity.



Obr. 13 Vodní lázeň



Obr.14 Ubbelohdeho kapilára

3.4 Měření obsahu vody

Měření obsahu vody, stejně jako měření viskozity patří k základním zkouškám tribodiagnostiky. Voda v mazivu je jednoznačně nežádoucím prvkem. Průnik vody do maziva je způsoben buď to špatným hospodařením obsluhy (otevřený dolévací otvor u olejových van a následný průnik vlhkého vzduchu do maziva), anebo nám značí mechanický problém ve stroji, kdy příkladem může být u obráběcích strojů průnik obráběcí kapaliny do olejové nádrže. [6]

Průnik vody do maziva má tedy za následek např. tyto problémy:

- pěnění olejů
- tvorba emulzí
- zvyšování viskozity
- vznik koroze součástí
- vypadávání aditiv
- tvorba kalů
- snižování životnosti oleje

Jak je vidět, tak důvodů, proč měřit přítomnost vody, je velké množství. Samotné měření se rozděluje na zkoušky kvalitativní a kvantitativní. Mezi kvalitativní můžeme zařadit vizuální zkoušku a tzv. prskací zkoušku. Tyto zkoušky patří jen mezi orientační. Mezi kvantitativní zkoušky řadíme Coulometrickou metodu podle K. Fischera nebo Destilační zkoušku. Obě tyto zkoušky nám umožňují zjištění kvantitativního množství vody. [6]

Vizuální zkouška je založena na vizuálním posouzení správně odebraného a kvalitně zhomogenizovaného vzorku oleje. Pokud je ve vzorku obsažena voda s koncentrací 0,025 % a více. Dojde k zakalení vzorku. Číré vzorky vodu neobsahují. [6]

Prskací zkouška se provádí také z dobře homogenizovaného oleje. Odebereme malou část vzorku. Vhodné je použití pipety. Na předem vyhřátou zkušební desku cca 180°C se nanese 2 až 3 kapky oleje. Jestli je přítomna ve vzorku voda, vznikají na povrchu vzorku velmi malé bublinky, které jsou doprovázeny praskavým zvukem. [6]

Metoda pro měření obsahu vody podle K. Fischera je popsána v kapitole 3.4.2.

3.4.1 Měření obsahu vody ve firmě Meopta

Tento test je založen na principu reakce vzorku oleje s hydridem vápenatým viz. (obr.15). Tato reakce vede k vylučování plynného vodíku z obsažené vody v oleji. Test je možné použít na jakékoliv kapaliny, které nejsou na bázi vody. Výsledek testu je vyhodnocen v % obsažené vody nebo v jednotkách PPM (Parts per milion). Pro samotnou zkoušku je potřeba reakční vzduchotěsná nádoba, kapsle s hydridem vápenatým viz. (obr.15) a rozpouštědlo. Reakční nádoba se skládá ze dvou částí. Spodní část nádoby, která je oddělena přepážkou slouží pro umístění reakčních prvků. Druhá část je vzduchotěsný uzávěr s měřicí stupnicí viz. (obr.16).



Obr.15 Hydrid vápenatý



Obr.16 Reakční nádoba

Pro správné provedení pokusu je potřeba kvalitní homogenizace vzorku, který se umístí do větší komory nádoby spolu s rozpouštědlem. Do druhé komory vsypeme obsah kapsle. Je nutno dávat pozor, aby se obsah kapsle nedostal do komory se vzorkem před uzavřením nádoby. Jak je nádoba uzavřena začneme třepat s nádobou po dobu 5 minut. Vždy po 20 sekundách přestaneme a zkontrolujeme hodnotu na stupnici. Pokud by tlak v nádobě vzrůstal neúměrně rychle, je potřeba test ukončit a použít menší množství oleje.

3.4.2 Měření obsahu vody coulometricky dle ČSN ISO EN 12937

Princip metody měření vody v mazivu podle K. Fischera je založen na reakci 1 molu vody s 1 molem jódu. Jedná se o velmi přesnou metodu měření, a to na jednotku PPM (Parts per milion). Přístroj je vybaven titrační nádobkou, ve které je reakční kapalina s konstantní hladinou jódu. Nanesením oleje s přítomností vody se tato hladina poruší a přístroj začne vytvářet v titrační nádobě proud, který vytváří v interakci s reakční kapalinou. 1ml vody je roven 10,71 A.s. Jakmile dojde k zreagování veškeré vody, můžeme do přístroje zadat navážku stříkačky a přístroj vypočte celkové množství vody ve vzorku. Fotografie přístroje viz (obr.17). [6]



Obr. 17 Coulometrická titrace K. Fischer

3.5 Nečistoty v oleji

Znečištění oleje mechanickými nečistotami nebo jiným nežádoucím jevem je výrazný problém pro správný provoz stroje. Podle úrovně znečištění se volí buďto filtrace oleje anebo při výrazném znečištění a úbytku aditiv volíme výměnu oleje. V CNC strojích je používán hydraulický olej a citlivost hydraulických obvodů na znečištění je značně vysoká. Velkým problémem jsou pevné nečistoty. Tyto nečistoty, které se pohybují velkou rychlostí nám způsobují abrazivní a erozní opotřebení. Pevné částice jsou viníky ucpávání štěrbin, to vede v sacích částech ke vzniku kavitace. Nejhorší stav je, pokud dojde k poruše mazacího filtru, protože dochází k odírání hydraulických prvků. [6]

Příčin znečištění jde rozdělit do čtyř skupin a to:

- nečistoty primární – nečistoty z nádrže jako třísky, otřepy, které vznikají při montáži, okuje ze sváření, zbytky proplachovacích kapalin atd.
- nečistoty z okolí – vniknutí nečistot nedostatečným těsněním plnicím nebo odvětrávacím otvorem nádrže.
- nečistoty vzniklé z obvodu - produkty koroze, opotřebení, které vznikají cirkulací hydraulické kapaliny
- nečistoty vzniklé z hydraulických kapalin – vznikají samovolným vypadnutím aditiv (detergenty, protioděrové přísady, antioxidanty atd.), laky vzniklé chemickými změnami působení tlaku, teplot a mikroorganismů. [6]

3.6 Měření množství nečistot a určení kódu čistoty ve firmě Meopta

Při hledání největšího problému s testováním maziva vyšlo najevo, že nejvíce zastoupeným defektem je právě znečištění mechanickými nečistotami. Zkouška, která je zde prováděna, je víceméně dostačující pro dílenské měření. Pro tuto metodu má obsluha k dispozici podtlakovou nádobu viz. (obr.18), mikroskop viz. (obr.19), filtrační papír a brožuru pro porovnání.

Průběh zkoušky tedy spočívá v odběru reprezentativního vzorku. Po odběru je mazivo nanese do podtlakové nádoby a zředěno technickým benzínem. V podtlakové nádobě je umístěn malý pórovitý filtr. Vyvozením podtlaku olej proteče přes filtr. Obsluha poté filtr vyjme a vloží do mikroskopu, kde zjišťuje znečištění. Vyhodnocení probíhá porovnáním aktuální stavu, který obsluha vidí v okuláru mikroskopu a porovnává to s brožurou viz. (obr.20) a (obr.21), kde jsou vyfoceny případy znečištění od téměř nulového až do stavu nutnosti filtrace oleje. Pod fotkou je vždy vyobrazená třída čistoty, kterou obsluha napíše do protokolu o měření.

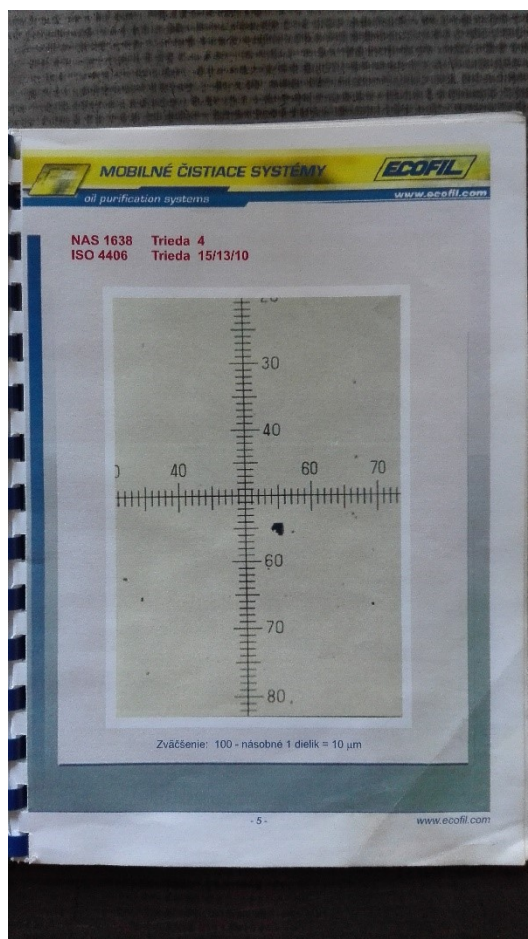
Velkou váhu bych zde přikládal správné homogenizaci vzorku, protože mechanické nečistoty se usazují na dně vzorkovnice a při náběru špatně zhomogenizovaného oleje nemůže být zkouška správně provedena.



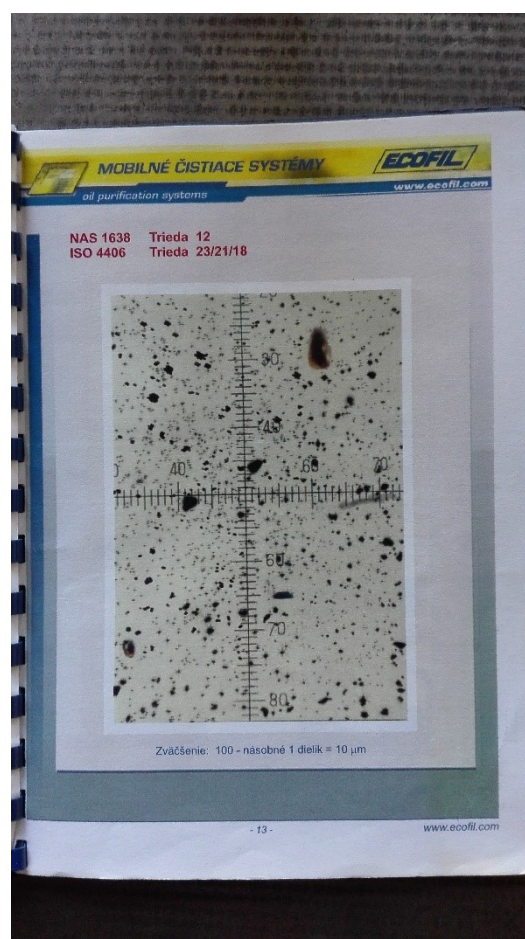
Obr.18 Podtlaková nádoba



Obr.19 Mikroskop



Obr. 20 Vyhodnocení čistoty oleje



Obr.21 Vyhodnocení čistoty oleje

3.7 Měření množství nečistot a určení kódu čistoty

Princip metody je založen na filtraci oleje přes membránový filtr. Filtrace probíhá vyvozením podtlaku ve filtrační nádobě. Podmínkou je dokonale vysušený a navážený filtr přes který prochází filtrovaná kapalina, a nečistoty v ní obsažené se zachytávají na povrchu. Tato kapalina je složena z oleje a rozpouštědla. Po dokončení zkoušky vyjmeze filtr z nádoby a přistupujeme k vysoušení v peci. Po vysoušení filtru se porovnává hmotnostní přírůstek filtru.

Při měření nečistot je dalším základním ukazatelem stavu maziva zkouška s názvem Kód čistoty. Tato metoda spočívá v zjišťování velikosti a množství nečistot zachycených po filtraci na ultrafiltru. Velikost částice je udávána v mikrometrech. Metody pro určování kódu čistoty jsou různé.

První metoda, kterou můžeme použít je dle ČSN 65 6081. Princip metody je založen na počítání částic pod mikroskopem podle velikosti za použití okulárového měřítka. Nečistoty jsou řazeny do šesti skupin. Skupiny jsou rozděleny na nečistoty o velikosti 5-15 μm , 15-25 μm , 25- 50 μm , 50-100 μm , 100 μm , a poslední jsou nečistoty velikosti vláken.

Další metoda je založena na podobném principu, a to měření mikroskopicky nebo automatickým počítačem nečistot. Přístroj na automatické počítání nečistot je založen na principu protékajícího oleje, který je prosvícený laserem a při zaznamenání prvku nečistoty je podle promítnutého stínu na stínítko určena velikost tohoto prvku. Norma ČSN ISO 4406/99 rozlišuje velikost nečistot do tří skupin, a to jako částice větší než 4 μm , 8 μm a 14 μm obsažených v 1ml vzorku. Příklad označení výsledného kódu čistoty je například 12/11/9.

Poslední metoda a zároveň nejméně detailní je dle normy ČSN ISO 4406/87. Zde se velikost částic rozlišuje pouze na dvě skupiny, první jsou částice větší než 5 μm a druhé číslo jsou částice větší než 15 μm . Zde je ještě dodatek k druhému číslu písmeno M nebo AP a to značí způsob určení počtu částic. Označení výsledků například 21/17 AP.

3.8 Výsledky měření u vybraných strojů

V průběhu listopadu 2016 až duben 2017, jsem pracoval na rozborech hydraulického oleje v laboratoři VŠB-TU Ostrava. Byly jednak prováděny zkoušky totožného charakteru jako ve firmě Meopta, a to na obsah vody, množství mechanických nečisto či hodnotu kinematické viskozity a pro kompletní výsledky byly doplněny testy na celkové číslo kyselosti TAN dle normy ČSN ISO 6618 a prvková analýza. Kompletní protokoly viz. přílohy.

Tabulka.2 Výsledky měření maziva u stroje Hyundai HIT 18

Datum měření:	22.11.2016	8.2.2017	11.4.2017
Kinematická viskozita 40°C [mm ² .s ⁻¹]	31,54	31,64	31,64
Obsah vody [hm.%]	0,01	0,01	0,01
Mechanické nečistoty [mg.100. cm ⁻³]	16,7	5,6	28,8
Kód čistoty	13/12/10	15/14/13	16/15/13
TAN (číslo kyselosti) [mgKOH.g ⁻¹]	0	0,51	0,37

Tabulka.3 Výsledky měření maziva u stroje Hyundai VX 500

Datum měření:	22.11.2016	8.2.2017	11.4.2017
Kinematická viskozita 40°C [mm ² .s ⁻¹]	31,07	31,04	31,94
Obsah vody [hm.%]	0,01	0,01	0,01
Mechanické nečistoty [mg.100. cm ⁻³]	22,6	9,2	20,4
Kód čistoty	14/13/-	12/11/9	16/15/10
TAN (číslo kyselosti) [mgKOH.g ⁻¹]	0	0,33	0,34

Tabulka.4 Výsledky měření maziva u stroje Hyundai WIA 210 LMA

Datum měření:	22.11.2016	8.2.2017	11.4.2017
Kinematická viskozita 40°C [mm ² .s ⁻¹]	31,54	31,77	31,87
Obsah vody [hm.%]	0,01	0,01	0,01
Mechanické nečistoty [mg.100. cm ⁻³]	8,5	14	23,6
Kód čistoty	15/14/10	13/12/11	16/14/11
TAN (číslo kyselosti) [mgKOH.g ⁻¹]	0	0,19	0,32

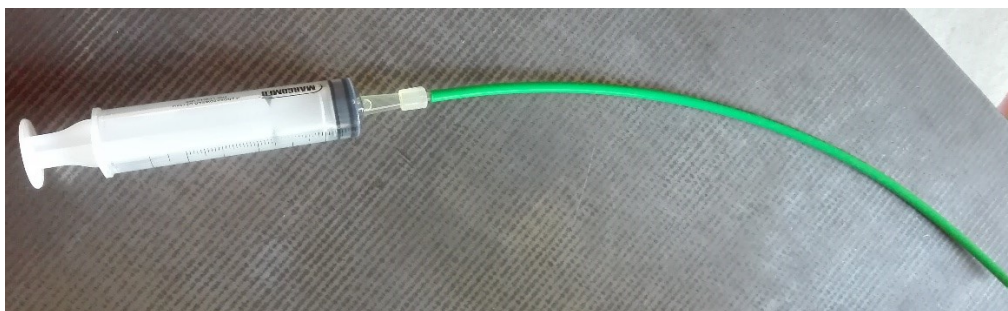
Jak je vidět z tabulek 2 a 3, tak došlo ke snížení mechanických nečistot a pak k nárůstu, což bylo zřejmě způsobeno filtrací oleje před druhým odběrem nebo špatným odběrem vzorků. U stroje Hyundai WIA 210 LMA je vidět konstantní nárůst mechanických nečistot a je tak možnost odhadovat čas mezi filtracemi. Obsah vody u všech vzorků byl stejný, a to 0,01 hm % což je přijatelná hodnota a nenaznačuje to žádný problém. Stejně tak i kinematická viskozita se drží u všech vzorků v rozmezí 31 až 32 mm².s⁻¹, což je při zvolených okrajových varovných hodnot naprosto v pořádku.

4. Doporučení pro budoucí provoz

Současné měřicí zařízení, které je využíváno v rámci diagnostiky maziva, bych považoval vcelku za přijatelné, a to za podmínek odběru reprezentativního vzorku, dbání na kvalitní homogenizaci vzorku a dodržování metodiky zkoušky. Měření špatně zhomogenizovaného vzorku nebo v nejhorších případech dokonce měření bez homogenizace je automatické znehodnocení výsledků měření.

Odběr vzorků je u všech CNC strojů totožný, a to z nádrže hydraulického oleje, který nemá kohout pro odpuštění vzorků a technik musí pro odebrání vzorku otevřít uzavírací víko nádrže. Samotný úkon odběru, který je prováděn za pomoci stříkačky s násadovou hadicí viz. (obr.22), je poměrně nekomfortní a zdoluhavý. Pro zkvalitnění a zrychlení odběrů, bych doporučil pořídit podtlakovou pumpu viz. (obr.23). Výhody jsou například jednoduchá manipulace, rychlost odběru díky tomu, že odebíraný olej putuje přímo do vzorkovnice, která je závitově uchycena k pumpě a tím se i prakticky minimalizuje možnost kontaminace vzorků a potřísnění pracovní podlahy během odběru. Pro odběr více vzorků touto pomůckou, bych ještě doporučil několikrát natáhnout do pístu olej a následně vytlačit mazivo ven, a to z důvodu zamezení kontaktu s mazivem od předchozího stroje. Pro další zkvalitnění odběru vzorku bych navrhoval, vytvoření kohoutu pro odpouštění oleje v proudové větvi vedení, a to za předpokladu konstrukční proveditelnosti.

Samotné výsledky měření mechanických nečistot ukazují u stroje Hyundai HIT 18 a Hyundai VX 500 nepravidelný nárůst nečistot, což bylo s největší pravděpodobností zapříčiněno špatným odběrem vzorků. Respektive odběrem vzorků v různých hladinách olejové vany. Nejvíce nečistot se usazuje na dně vany, a proto je nutností provádět odběr všech vzorků ve stejné hloubce, jinak budou následovat tyto skokové rozdíly ve výsledcích. Řešením tohoto problému může být, například použití dostatečně dlouhé odběrové hadice a zaznačení hloubky ponoření, která by vzhledem k velikostem olejových van u těchto strojů mohla být například 15 cm. Jakmile bude průběh odběrů prováděn v totožné hladině, můžeme dle časové osy určit interval pro filtraci oleje. Samozřejmostí je odebírání maziva do čisté vzorkovnice v průběhu pracovního režimu stroje, a to z důvodu dokonalého promíchání a prohřátí oleje.



Obr.22 Stříkačka s násadovou hadicí pro odběr vzorků



Obr.23. Pumpa pro odběr vzorků

Během průběhů měření technik používá pro nabírání vzorků stříkačky o objemu 10ml. Pracovník používá pro všechny vzorky stejnou sadu stříkaček, a proto je mé doporučení používat na každý nový vzorek novou stříkačku a je to opět proto, aby olej nebyl v interakci s předchozím olejem používaným při měření. Cena této stříkačky je cca 3-5 Kč.

Pokud budeme brát v úvahu, jak velký strojní potenciál je ve strojním parku firmy Meopta, tak bych při případném zájmu firmy o rozšíření stávajících pomůcek pro diagnostiku olejů, navrhoval pořídit pro měření kinematické viskozity zařízení popsané v kapitole 3.3.2, pracující dle normy ČSN EN ISO 3104 namísto stávající metody, a to z důvodů přesnosti výsledků měření.

Z dosavadního měření, které probíhalo ať už ve firmě Meopta nebo v laboratoři VŠB-TU Ostrava, je vidět u všech vzorků nárůst mechanických nečistot v mazivu, proto je mé doporučení nechat kontrolovat hydraulické oleje u velkých systémů, jako například 5tiosé CNC obráběcí stroje nebo stroje pro extra přesné obrábění, ve specializované tribodiagnostické laboratoři. Výsledky o měřeních z těchto laboratoří nám jasně napoví o vznikajícím problému. Příkladem může být nárůst hodnot otěrových prvků, a jejich množství je zaznamenáno prvkovou analýzou za použití atomové spektrofotometrie. Dalším ukazatelem degradace oleje je nárůst hodnot celkové kyselosti, která má za následek vyrušování aditiv, chemické rozrušování těsnění, strojních prvků a ochranných nátěrů.

Vzhledem k tomu, že technik provádějící měření neprošel žádným školením na diagnostiku olejů, bych navrhoval, aby došlo k proškolení na základy tribodiagnostiky, a poté jednou ročně k souhrnnému školení, což by mělo vést k rozšíření poznatků v dané oblasti, a tím k vyšší odbornosti při vyhodnocování výsledků měření a možnému předcházení rizik poškození strojů.

5. Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo zhodnocení stávající situace v oblasti nasazení diagnostiky tekutých maziv u CNC obráběcích strojů ve firmě Meopta-optika s.r.o. a navržení případných změn, popřípadě doporučení pro budoucí provoz. Během vypracovávání práce, byl prováděn odběr hydraulického oleje v intervalu dvou až tří měsíců a následně byl vypracován detailní rozbor v laboratoři technické diagnostiky katedry Výrobních strojů a konstruování na půdě VŠB-TU Ostrava.

První část práce seznamuje s firmou Meopta-optika s.r.o. Je zde popsána historie firmy od svého založení až po současnost. Jako doplněk jsem uvedl fotografie výrobků, které proslavily firmu a příklady výrobků, které v současnosti produkuje firma na světový trh. V další teoretické části jsou uvedeny základní fakta o CNC obráběcích strojích, a to včetně základního popisu dvou CNC soustruhů a jedné CNC frézky, u kterých byl prováděn odběr.

Praktická část této práce se skládá z popisu a porovnání zkoušek ve firemním provozu a v laboratoři specializované na diagnostiku olejů. Zkoušky ve firmě Meopta jsou dílenského typu, což nám vytváří přehled o základních informacích v mazivu. Pro porovnání těchto dílenských zkoušek je uvedena měřicí technika dle norem pro měření tekutých maziv. Samotné vyhodnocení všech devíti vzorků dopadlo na první pohled dobře. Hodnoty až na pár výjimek zůstaly hluboko pod hodnotou výstrahy, nicméně po detailnějším zkoumání vyšly najevo problémy s velmi kolísavými hodnotami mechanických nečistot, a to u dvou strojů, u kterých bylo navrženo doporučení pro vyřešení této situace. V poslední kapitole jsem vznesl další návrhy, které by po aplikaci vedly ke zkvalitnění oblasti měření a vyhodnocování tekutých maziv. Celá práce obsahuje fotografie jak z firmy Meopta, tak i z laboratoře VŠB-TU Ostrava.

Hlavním přínosem této práce je podle mého názoru navržení změn či vytvoření doporučení, které pomohou zlepšit stávající situaci v oblasti diagnostiky tekutých maziv ve firmě Meopta-optika s.r.o.

Seznam zdrojů

[1] Historie firmy Meopta. *Meopta.com* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.meopta.com/cz/historie-v-kostce/>

[2] O nás. *Meopta.com* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.meopta.com/cz/o-nas/>

[3] Hyundai Kia vx 400,500,650. *Compumachine* [online]. [cit. 2016-12-29]. Dostupné z: <http://compumachine.com/regional/hyundai-kia/blackbrochures/vx400-500-650.pdf>

[4] Marek, J. a O, UČEŇ. *CNC obráběcí stroje*. 1 vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2010. 103 s. ISBN 978-80-248-2329-4.

[5] SHELL TELLUS S2 M 32 209L. In: *Bonatrade.cz* [online]. [cit. 2016-11-23]. Dostupné z: http://www.bonatrade.cz/shell-tellus-s2-m-32-209l/?gclid=CIyQ3_my9ACFRA8GwodZB0CLg

[6] HELEBRANT, František. *Technická diagnostika a spolehlivost. IV., Provoz a údržba strojů*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2008. 127 s. ISBN 978-80-248-1690-6

[7] Technical data sheet. *KTS TRADING SDN BHD* [online]. [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://www.ktstrade.com.my/shell/technical%20data/0041.pdf>

[8] BPK-3. In: *Meopta.com* [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.meopta.com/cz/bpk-3-/>

[9] Flexaret. In: *Meopta.com* [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.meopta.com/cz/vyrobky/>

[10] Logo Meopta JPEG. In: *Meopta.com* [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.meopta.com/cz/ke-stazeni/>

[11] ETA 7. In: *Meopta.com* [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.meopta.com/cz/vyrobky/>

[12] Meorange. In: *Meoptasportsoptics.com* [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.meoptasportsoptics.com/shop/cz/meorange-10x42-hd/meorange-10x42-hd/ctgBcz.html>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Fotoaparát Flexaret [9]

Obrázek 2: ETA 7 [11]

Obrázek 3: Logo firmy Meopta-optika s.r.o [10]

Obrázek 4: Dalekohled MeoRange [12]

Obrázek 5: Periskop BPK-3 [8]

Obrázek 6: Hyundai – Kia WIA 210 L [Vlastní foto]

Obrázek 7: Odběrové místo maziva stroje Hyundai-Kia Wia 210 LMA [Vlastní foto]

Obrázek 8: CNC soustruh Hyundai Hit 18 [Vlastní foto]

Obrázek 9: Odběrové místo maziva stroje Hyundai Hit 18 [Vlastní foto]

Obrázek 10: CNC frézka Hyundai Kia VX 500 [Vlastní foto]

Obrázek 11: Odběrové místo maziva stroje Hyundai Kia VX 500 [Vlastní foto]

Obrázek 12: Viskozimetr [Vlastní foto]

Obrázek 13: Kapilární Viskozimetr [Vlastní foto]

Obrázek 14: Kapilára [Vlastní foto]

Obrázek 15: Hydrid vápenatý [Vlastní foto]

Obrázek 16: Reakční nádoba [Vlastní foto]

Obrázek 17: Coulometrická titrace K. Fischer [Vlastní foto]

Obrázek 18: Podtlaková nádoba [Vlastní foto]

Obrázek 19: Mikroskop [Vlastní foto]

Obrázek 20: Vyhodnocení čistoty olej [Vlastní foto]

Obrázek 21: Vyhodnocení čistoty olej [Vlastní foto]

Obrázek 22: Pomůcka pro odběr [Vlastní foto]

Obrázek 23: Pumpa pro odběr vzorků [Vlastní foto]

Seznam tabulek

Tabulka 1: Specifikace oleje Shell TELLUS S2 M 32

Tabulka 2: Výsledky měření maziva u stroje Hyundai HIT 18

Tabulka 3: Výsledky měření maziva u stroje Hyundai VX 500

Tabulka 4: Výsledky měření maziva u stroje Hyundai WIA 210 LMA

Seznam příloh

Příloha 1: Technický list hydraulického oleje Shell TELLUS S2 M 32 [7]

Příloha 2: Technický list hydraulického oleje Shell TELLUS S2 M 32 [7]

Příloha 3: Technický list hydraulického oleje Shell TELLUS S2 M 32 [7]

Příloha 4: Protokol o výsledku měření firmy Meopta – optika s.r.o

Příloha 5: Protokol o měření stroje Hyundai WIA 210 LMA

Příloha 6: Protokol o měření stroje Hyundai WIA 210 LMA

Příloha 7: Protokol o měření stroje Hyundai WIA 210 LMA

Příloha 8: Protokol o měření stroje Hyundai Kia VX 500


Příloha 9: Protokol o měření stroje Hyundai Kia VX 500

Příloha 10: Protokol o měření stroje Hyundai Kia VX 500

Příloha 11: Protokol o měření stroje Hyundai HIT 18

Příloha 12: Protokol o měření stroje Hyundai HIT 18

Příloha 13: Protokol o měření stroje Hyundai HIT 18



Technical Data Sheet

Previous Name: Shell Tellus Oils

Shell Tellus S2 M 32

Industrial Hydraulic Fluid

Shell Tellus S2 M fluids are high performance hydraulic fluids that use Shell's unique patented technology to provide outstanding protection and performance in most manufacturing and many mobile equipment operations. They resist breakdown under heat or mechanical stress and help prevent damaging deposit formation that can decrease the efficiency of your hydraulic power system.

DESIGNED TO MEET CHALLENGES


Performance, Features & Benefits

- **Long fluid life – maintenance saving**
Shell Tellus S2 M fluids help extend equipment maintenance intervals by resisting thermal and chemical breakdown. This minimizes sludge formation and provides excellent performance in the industry standard ASTM D 943 TOST test (Turbine Oil Stability Test), providing better reliability and system cleanliness.
Shell Tellus S2 M fluids also have good stability in the presence of moisture, which ensures long fluid life and reduces the risk of corrosion and rusting, particularly in moist or humid environments.
- **Outstanding wear protection**
Proven zinc-based anti-wear additives are incorporated to be effective throughout the range of operating conditions, including low load and severe duty high load conditions. Outstanding performance in a range of piston and vane pump tests, including the tough Denison T6C (dry and wet versions) and the demanding Vickers 35VQ25, demonstrates how Shell Tellus S2 M fluids can help system components last longer.
- **Maintaining system efficiency**
Superior cleanliness, excellent filterability and high performance water separation, air release and antifoam characteristics all help contribute to maintaining or enhancing the efficiency of hydraulic systems.
The unique additive system in Shell Tellus S2 M, in combination with superior cleanliness (meeting the requirements of ISO 4406 21/19/16 class or better ex Shell plant filling lines as recognised by DIN 51524 specification,

the oil is exposed to various influences with transport and storage that could effect the cleanliness level), helps reduce the impact of contaminants on filter blocking, allowing both extended filter life and use of finer filtration for extra equipment protection.

Shell Tellus S2 M fluids are formulated for fast air release without excessive foaming to help efficient hydraulic power transfer and minimise fluid and equipment impacts of cavitation induced oxidation that can shorten fluid life.

Main Applications



- **Industrial hydraulic systems**
With an extensive range of equipment maker approvals and recommendations, Shell Tellus S2 M fluids are suitable for a wide range of hydraulic power applications found in manufacturing and industrial environments.
- **Mobile hydraulic fluid power transmission systems**
Shell Tellus S2 M fluids can be used effectively in mobile hydraulic power applications such as excavators and cranes, except where significant ambient temperature variations are encountered. For these applications we recommend the Shell Tellus "V" series.
- **Marine hydraulic systems**
Suitable for marine applications where ISO HM category hydraulic fluids are recommended.

Příloha 2: Technický list hydraulického oleje Shell TELLUS S2 M 32 [7]

Specifications, Approvals & Recommendations

- Denison Hydraulics (HF-0, HF-1, HF-2)
- Cincinnati Machine P-68 (ISO 32), P-70 (ISO 46), P-69 (ISO 68)
- Eaton Vickers M-2950 S
- Eaton Vickers I-286 S
- Listed by Bosch Rexroth Ref 17421-001 and RD 220-1/04.03
- ISO 11158 (HM fluids)
- AFNOR NF-E 48-603
- ASTM 6158-05 (HM fluids)
- DIN 51524 Part 2 HLP type
- Swedish Standard SS 15 54 34 AM
- GB 111181-1-94 (HM fluids)

For a full listing of equipment approvals and recommendations, please consult your local Shell Technical Helpdesk, or the OEM Approvals website.

Typical Physical Characteristics

Properties	Method	Shell Tellus S2 M
ISO Viscosity Grade	ISO 3448	32
ISO Fluid Type		HM
Kinematic Viscosity @0°C cSt	ASTM D 445	338
Kinematic Viscosity @40°C cSt	ASTM D 445	32
Kinematic Viscosity @100°C cSt	ASTM D 445	5.4
Viscosity Index	ISO 2909	99
Density @15°C kg/l	ISO 12185	0.875
Flash Point (COC) °C	ISO 2592	218
Pour Point °C	ISO 3016	-30

These characteristics are typical of current production. Whilst future production will conform to Shell's specification, variations in these characteristics may occur.

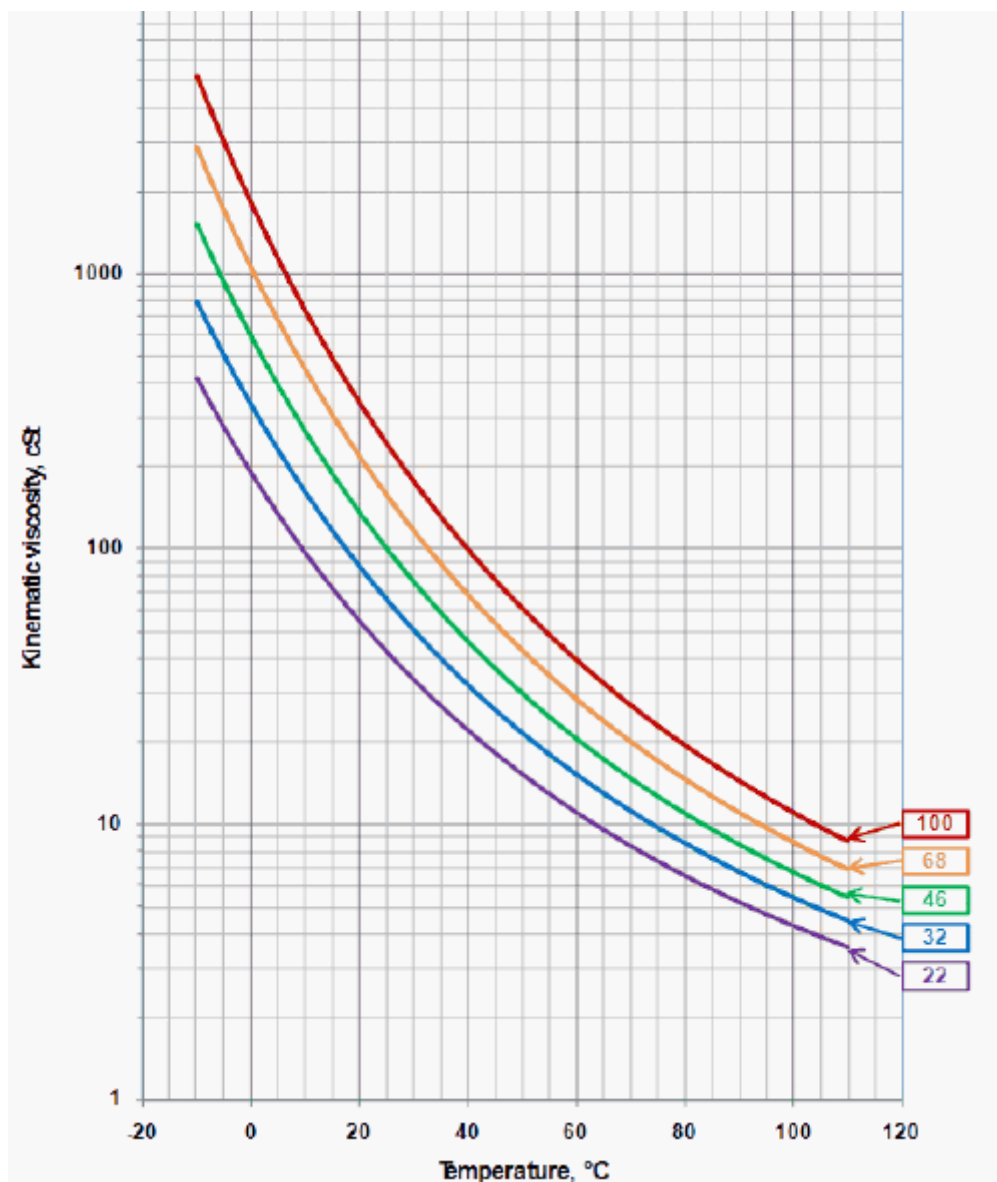
Health, Safety & Environment

- Guidance on Health and Safety is available on the appropriate Material Safety Data Sheet, which can be obtained from <http://www.epc.shell.com/>
- Protect the Environment
Take used oil to an authorised collection point. Do not discharge into drains, soil or water.


Additional Information

- Advice
Advice on applications not covered here may be obtained from your Shell representative.

Viscosity - Temperature Diagram for Shell Tellus S2 M



Příloha 4: Protokol o výsledku měření firmy Meopta – optika s.r.o

Vydání číslo: F 72-1-21	Protokol z plánovaného testování hydraulického oleje				
Číslo protokolu:	968/17				
Zákazník:	Meopta - optika, s. r. o.		PP00063739		
Název stroje:	CNC frézka VX500				
Středisko:	8181	Inv. č..	HM00000296		
Jméno obsluhy stroje:			Připomínky:		
Druh oleje:			Obsah oleje/l:		
Test	Dovolená hodnota	Naměřená hodnota před filtrací	Naměřená hodnota po filtraci	Vyhovuje	Nevyhovuje
Vodní test - obsah vody v oleji					
Analýza čistoty oleje					
Viskozita oleje					
Doporučení:					
Zhodnocení:					
Test provedl:	Jméno Technika - stř. 1700, Meopta - optika, s.r.o.				
Počet vyhotovení 2 x:	1 x mistr, 1 x dodavatel				
Vystavil: Jméno		Dne:		Převzal:	

250ml

Strojní zařízení			VZOREK			
CNC soustruh č.1			Číslo		1	
			Typ oleje		Hydraulický	
			Název		TELLUS S2M 32	
STROJNÍ ZAŘÍZENÍ			Specifikace DIN		51524	
Název	Vzorek č.1		Specifikace ISO		11158	
Typ-číslo stroje	HYUNDAI WIA 210 LMA		Specifkace SAE			
výrobní číslo	HM 0000 1303		Jiná specifikace			
Strojní uzel			Místo odběru		Nádrž oleje	
Množství provozní náplně			Dodal:		Chalánek	
Doba provozu od posl. výměny			Datum převzetí		11.11.2016	
Doba provozu celkem			navážka fitru (ml)		250	
V průběhu provozu doplněno			Datum vypracování		22.11.2016	
VÝSLEDKY ZKOUŠEK						
Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota			Stanovená hodnota
			min.	výstr.	max.	
Kinematická viskozita při 40°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	28,8		35,2	31,54
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618		1	1,3	→0
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937		0,03	0,05	0,013
Mechanické nečistoty	mg/100cm³	ČSN 65 6220		20	50	8,5
Kód čistoty		ČSN ISO 4406/99		21/18/15		13/12/10
Prvková analýza ED-XRF				výstr.	max.	hodnota
obsah Fe	ppm (mg/kg)	metodika		25	50	0,7
obsah Cu				30	40	12,5
obsah Cr				12,5	15	8,4
obsah Sn					15	3
obsah Si				20	40	5,1
Aditiva, degradace						hodnota
obsah S	ppm (mg/kg)	metodika				3813
obsah P						372
obsah Na						1075
obsah Zn						325,3
obsah Ca						25,3

250ml

Strojní zařízení			VZOREK			
CNC soustruh č.1			Číslo		1	
			Typ oleje		Hydraulický	
			Název		TELLUS S2M 32	
STROJNÍ ZAŘÍZENÍ			Specifikace DIN		51524	
Název	Vzorek č.1		Specifikace ISO		11158	
Typ-číslo stroje	HYUNDAI WIA 210 LMA		Specifikace SAE			
výrobní číslo	HM 0000 1303		Jiná specifikace			
Strojní uzel			Místo odběru		Nádrž oleje	
Množství provozní náplně			Dodal:		Chalánek	
Doba provozu od posl. výměny			Datum převzetí		3.2.2017	
Doba provozu celkem			navážka fitru (ml)		250	
V průběhu provozu doplněno			Datum vypracování		8.2.2017	
VÝSLEDKY ZKOUŠEK						
Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota			Stanovená hodnota
			min.	výstr.	max.	
Kinematická viskozita při 40°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	28,8		35,2	31,77
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618		1	1,3	0,51
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937		0,03	0,05	0,0042
Mechanické nečistoty	mg/100cm³	ČSN 65 6220		20	50	14
Kód čistoty		ČSN ISO 4406/99		21/18/15		15/14/13
Prvková analýza ED-XRF				výstr.	max.	
obsah Fe	ppm (mg/kg)	metodika		25	50	1
obsah Cu				30	40	12,5
obsah Cr				12,5	15	7,4
obsah Sn					15	3
obsah Si				20	40	1
Aditiva, degradace						
obsah S	ppm (mg/kg)	metodika				3789
obsah P						361,2
obsah Na						1005
obsah Zn						313,1
obsah Ca						23,8

250ml

Strojní zařízení		VZOREK				
CNC soustruh č.1		Číslo	1			
		Typ oleje	Hydraulický			
		Název	TELLUS S2M 32			
STROJNÍ ZAŘÍZENÍ		Specifikace DIN	51524			
Název	Vzorek č.1	Specifikace ISO	11158			
Typ-číslo stroje	HYUNDAI WIA 210 LMA	Specifikace SAE				
výrobní číslo	HM 0000 1303	Jiná specifikace				
Strojní uzel		Místo odběru	Nádrž oleje			
Množství provozní náplně		Dodal:	Chalánek			
Doba provozu od posl. výměny		Datum převzetí	7.4.2017			
Doba provozu celkem		navážka fitru (ml)	250			
V průběhu provozu doplněno		Datum vypracování	11.4.2017			
VÝSLEDKY ZKOUŠEK						
Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota			Stanovená hodnota
			min.	výstr.	max.	
Kinematická viskozita při 40°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	28,8		35,2	31,87
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618		1	1,3	0,37
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937		0,03	0,05	0,01
Mechanické nečistoty	mg/100cm³	ČSN 65 6220		20	50	23,6
Kód čistoty		ČSN ISO 4406/99		21/18/15		16/15/13
Prvková analýza ED-XRF				výstr.	max.	
obsah Fe	ppm (mg/kg)	metodika		25	50	1
obsah Cu				30	40	18,3
obsah Cr				12,5	15	11,1
obsah Sn					15	3
obsah Si				20	40	1
Aditiva, degradace						
obsah S	ppm (mg/kg)	metodika				4956
obsah P						467,4
obsah Na						1005
obsah Zn						438,3
obsah Ca						32,5

250ml

Strojní zařízení		VZOREK				
Hydraulický olej č.2		Číslo	2			
		Typ oleje	Hydraulický			
		Název	TELLUS S2M 32			
STROJNÍ ZAŘÍZENÍ		Specifikace DIN				
Název	Vzorek č.2	Specifikace ISO				
Typ-číslo stroje	HYUNDAI KIA VX 500	Specifikace SAE				
výrobní číslo	HM 00000 299	Jiná specifikace				
Strojní uzel		Místo odběru	Nádrž oleje			
Množství provozní náplně		Dodal:	Chalánek			
Doba provozu od posl. výměny		Datum převzetí	11.11.2016			
Doba provozu celkem		navážka fitru (ml)	250			
V průběhu provozu doplněno		Datum vypracování	22.11.2016			
VÝSLEDKY ZKOUŠEK						
Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota			Stanovená hodnota
			min.	výstr.	max.	
Kinematická viskozita při 40°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	28,8		35,2	31,07
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618		1	1,3	→0
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937		0,03	0,05	0,01
Mechanické nečistoty	mg/100cm³	ČSN 65 6220		20	50	22,6
Kód čistoty		ČSN ISO 4406		21/18/15		14/13/-
Prvková analýza ED-XRF				výstr.	max.	hodnota
obsah Fe	ppm (mg/kg)	metodika		25	50	1
obsah Cu				30	40	7,4
obsah Cr				12,5	15	7,7
obsah Sn					15	3
obsah Si				20	40	5,1
Aditiva, degradace						hodnota
obsah S	ppm (mg/kg)	metodika			1069	
obsah P					234,9	
obsah Na					1005	
obsah Zn					182,2	
obsah Ca					10	

250ml

Strojní zařízení		VZOREK				
Hydraulický olej č.2		Číslo	2			
		Typ oleje	Hydraulický			
		Název	TELLUS S2M 32			
STROJNÍ ZAŘÍZENÍ		Specifikace DIN				
Název	Vzorek č.2	Specifikace ISO				
Typ-číslo stroje	HYUNDAI KIA VX 500	Specifikace SAE				
výrobní číslo	HM 00000 299	Jiná specifikace				
Strojní uzel		Místo odběru	Nádrž oleje			
Množství provozní náplně		Dodal:	Chalánek			
Doba provozu od posl. výměny		Datum převzetí	3.2 2017			
Doba provozu celkem		navážka fitru (ml)	250			
V průběhu provozu doplněno		Datum vypracování	8.2.2017			
VÝSLEDKY ZKOUŠEK						
Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota			Stanovená hodnota
			min.	výstr.	max.	
Kinematická viskozita při 40°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	28,8		35,2	31,04
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618		1	1,3	0,33
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937		0,03	0,05	0,004
Mechanické nečistoty	mg/100cm³	ČSN 65 6220		20	50	9,2
Kód čistoty		ČSN ISO 4406		21/18/15		12/11/9
Prvková analýza ED-XRF				výstr.	max.	Hodnota
obsah Fe	ppm (mg/kg)	metodika		25	50	1
obsah Cu				30	40	7,6
obsah Cr				12,5	15	7,5
obsah Sn					15	3
obsah Si				20	40	1
Aditiva, degradace						
obsah S	ppm (mg/kg)	metodika				1106
obsah P						235,3
obsah Na						3398
obsah Zn						183,6
obsah Ca						10

Příloha 10: Protokol o měření stroje Hyundai Kia VX 500

Strojní zařízení			VZOREK			
Hydraulický olej č.2			Číslo		2	
			Typ oleje		Hydraulický	
			Název		TELLUS S2M 32	
STROJNÍ ZAŘÍZENÍ			Specifikace DIN			
Název	Vzorek č.2	Specifikace ISO				
Typ-číslo stroje	HYUNDAI KIA VX 500	Specifikace SAE				
výrobní číslo	HM 00000 299	Jiná specifikace				
Strojní uzel		Místo odběru		Nádrž oleje		
Množství provozní náplně		Dodal:		Chalánek		
Doba provozu od posl. výměny		Datum převzetí		7.4.2017		
Doba provozu celkem		navážka fitru (ml)		250		
V průběhu provozu doplněno		Datum vypracování		11.4.2017		
VÝSLEDKY ZKOUŠEK						
Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota			Stanovená hodnota
			min.	výstr.	max.	
Kinematická viskozita při 40°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	28,8		35,2	30,94
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618		1	1,3	0,3386
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937		0,03	0,05	0,0057
Mechanické nečistoty	mg/100cm³	ČSN 65 6220		20	50	20,4
Kód čistoty		ČSN ISO 4406		21/18/15		16/15/10
Prvková analýza ED-XRF				výstr.	max.	
obsah Fe	ppm (mg/kg)	metodika		25	50	1
obsah Cu				30	40	11,2
obsah Cr				12,5	15	12,2
obsah Sn				15	3	
obsah Si			20	40	1	
Aditiva, degradace						
obsah S	ppm (mg/kg)	metodika			1543	
obsah P					326,8	
obsah Na					1005	
obsah Zn					272,7	
obsah Ca					10	

250 ml

Strojní zařízení			VZOREK			
Hydraulický olej č.3			Číslo	3		
			Typ oleje	Hydraulický		
			Název	TELLUS S2M 32		
STROJNÍ ZAŘÍZENÍ			Specifikace DIN			
Název	Vzorek č.3		Specifikace ISO			
Typ-číslo stroje	HYUNDAI HIT 18		Specifikace SAE			
výrobní číslo	DMH 100 3159		Jiná specifikace			
Strojní uzel			Místo odběru	Nádrž oleje		
Množství provozní náplně			Dodal:	Chalánek		
Doba provozu od posl. výměny			Datum převzetí	11.11.2016		
Doba provozu celkem			navážka fitru (ml)	250		
V průběhu provozu doplněno			Datum vypracování	22.11.2016		
VÝSLEDKY ZKOUŠEK						
Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota			Stanovená hodnota
			min.	výstr.	max.	
Kinematická viskozita při 40°C	mm ² /s	ČSN EN ISO 3104	28,8		35,2	31,67
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618		1	1,3	→0
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937		0,03	0,05	0,01
Mechanické nečistoty	mg/100cm ³	ČSN 65 6220		20	50	16,7
Kód čistoty		ČSN ISO 4406		21/18/15		15/14/ 10
Prvková analýza ED-XRF				výstr.	max.	hodnota
obsah Fe	ppm (mg/kg)	metodika		20	50	1
obsah Cu				30	40	3,2
obsah Cr				12,5	15	7,7
obsah Sn					15	3
obsah Si				20	40	5,1
Aditiva, degradace						hodnota
obsah S	ppm (mg/kg)	metodika				4571
obsah P						288,7
obsah Na						3970
obsah Zn						218,3
obsah Ca						21,7

250 ml

Strojní zařízení			VZOREK			
Hydraulický olej č.3			Číslo		3	
			Typ oleje		Hydraulický	
			Název		TELLUS S2M 32	
STROJNÍ ZAŘÍZENÍ			Specifikace DIN			
Název	Vzorek č.3	Specifikace ISO				
Typ-číslo stroje	HYUNDAI HIT 18	Specifikace SAE				
výrobní číslo	DMH 100 3159	Jiná specifikace				
Strojní uzel		Místo odběru		Nádrž oleje		
Množství provozní náplně		Dodal:		Chalánek		
Doba provozu od posl. výměny		Datum převzetí		3.2.2017		
Doba provozu celkem		navážka fitru (ml)		250		
V průběhu provozu doplněno		Datum vypracování		8.2.2017		
VÝSLEDKY ZKOUŠEK						
Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota			Stanovená hodnota
			min.	výstr.	max.	
Kinematická viskozita při 40°C	mm ² /s	ČSN EN ISO 3104	28,8		35,2	31,64
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618		1	1,3	0,19
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937		0,03	0,05	0,07
Mechanické nečistoty	mg/100cm ³	ČSN 65 6220		20	50	5,6
Kód čistoty		ČSN ISO 4406		21/18/15		13/12/11
Prvková analýza ED-XRF				výstr.	max.	Hodnota
obsah Fe	ppm (mg/kg)	metodika		20	50	1
obsah Cu				30	40	3,5
obsah Cr				12,5	15	8,6
obsah Sn					15	3
obsah Si				20	40	1
Aditiva, degradace						
obsah S	ppm (mg/kg)	metodika				4722
obsah P						289,3
obsah Na						1193
obsah Zn						222,6
obsah Ca						21,4

Příloha 13: Protokol o měření stroje Hyundai HIT 18

Strojní zařízení			VZOREK			
Hydraulický olej č.3			Číslo	3		
			Typ oleje	Hydraulický		
			Název	TELLUS S2M 32		
STROJNÍ ZAŘÍZENÍ			Specifikace DIN			
Název	Vzorek č.3	Specifikace ISO				
Typ-číslo stroje	HYUNDAI HIT 18	Specifikace SAE				
výrobní číslo	DMH 100 3159	Jiná specifikace				
Strojní uzel		Místo odběru	Nádrž oleje			
Množství provozní náplně		Dodal:	Chalánek			
Doba provozu od posl. výměny		Datum převzetí	7.4.2017			
Doba provozu celkem		navážka fitru (ml)	250			
V průběhu provozu doplněno		Datum vypracování	11.4.2017			
VÝSLEDKY ZKOUŠEK						
Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota			Stanovená hodnota
			min.	výstr.	max.	
Kinematická viskozita při 40°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	28,8		35,2	31,64
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618		1	1,3	0,3153
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937		0,03	0,05	0,0055
Mechanické nečistoty	mg/100cm³	ČSN 65 6220		20	50	28,8
Kód čistoty		ČSN ISO 4406		21/18/15		16/14/11
Prvková analýza ED-XRF				výstr.	max.	
obsah Fe	ppm (mg/kg)	metodika		20	50	1
obsah Cu				30	40	4,7
obsah Cr				12,5	15	10,8
obsah Sn					15	3
obsah Si			20	40	1	
Aditiva, degradace						
obsah S	ppm (mg/kg)	metodika			5758	
obsah P					356	
obsah Na					1295	
obsah Zn					289,8	
obsah Ca					24,9	